

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА**

**В. Е. Бекетов,
Г. П. Євтухова,
Ю. Л. Коваленко**

Конспект лекцій

**Методи і прилади контролю концентрацій пилогазових домішок в
атмосфері і в промислових викидах**

з дисципліни

***«Методи і прилади контролю стану
атмосферного повітря»***

(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності
7.070801 (7.04010601) - «Екологія і охорона навколишнього середовища»)

**ХАРКІВ
ХНАМГ
2011**

Бекетов В. Е. Конспект лекцій з розділу «Методи і прилади контролю концентрацій пилогазових домішок в атмосфері і в промислових викидах» з дисципліни «Методи і прибори контролю стану атмосферного повітря» (для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.070801 (7.04010601) - «Екологія і охорона навколишнього середовища») / Бекетов В. Е., Євтухова Г. П., Коваленко Ю. Л.; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 40 с.

Автори: В. Е. Бекетов,
Г. П. Євтухова,
Ю. Л. Коваленко.

Рецензент: Ф.В.Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,
протокол № 3 від 9.10.09р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1.1. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ТВЕРДИХ І РІДКИХ АЕРОЗОЛІВ	6
1.1. 1. Гравіметричний метод.....	6
1.1. 2. Оптичний метод.....	7
1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГАЗО- І ПАРОПОДІБНИХ ДОМІШОК	8
1.2. 1. Колориметричні методи.....	8
1.2. 2. Оптичні методи	9
1.2.3. Полум'яно-іонізаційні газоаналізатори.....	13
1.2. 4. Хроматографічний метод.....	14
1.2.5. Мас-спектрометрія.....	16
1.2.6. Електрохімічні методи.....	16
1.2. 7. Термокондуктометричні газоаналізатори.....	17
1.2.8. Термохімічні газоаналізатори.....	17
1.3. МЕТОДИ І ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ ПИЛКУ	18
1.3.1. Ситовий аналіз.....	19
1.3.2. Метод мікроскопії.....	19
1.3.3. Метод повітряної сепарації.....	20
1.3.4. Метод седиментації	22
1.3.5. Прилади для визначення дисперсності часток з урахуванням агрегації в пилогазових потоках.....	22
1.4. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПИЛЕНOSTІ ГАЗІВ.....	24
1.4. 1. Схема установки для визначення запиленості газів методом зовнішньої фільтрації.....	24
1.4. 2. Вибір місця відбору проб.....	25
1.4. 3. Вибір точок виміру в перетині газоходу.....	26
1.5. ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ Й ВИТРАТИ ГАЗУ В ГАЗОХОДІ	29
1.5. 1. Вимоги при відборі проби пилу з газоходу.....	30
1.5.2. Метод внутрішньої фільтрації	37
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	39

ВСТУП

Дисципліна «Методи і прилади контролю стану атмосферного повітря » входить у програму підготовки фахівця за спеціальністю «Екологія і охорона навколишнього середовища».

У конспекті наведено методи й прилади для визначення вмісту в атмосфері і в промислових викидах твердих і рідких аерозолів, газо- і пароподібних домішок, методи й прилади для визначення дисперсності пилу, викладено питання визначення швидкості газу в газоході й розглянуто розрахунки запиленості газів.

Дисципліна дає студенту знання, які допоможуть зорієнтуватися в різноманітті методів визначення домішок в повітрі і в промисловому викиді, грамотно визначити місце відбору пилогазової проби, кваліфіковано виконати відбір проби, провести необхідні розрахунки й одержати достовірні результати.

1. Методи контролю і прилади для виміру концентрації пилогазових домішок в атмосфері і в промислових викидах

Контроль концентрацій домішок зводиться до наступних операцій:

- 1) відбір проби повітря (димового газу);
- 2) підготовка проби до аналізу;
- 3) проведення аналізу;
- 4) обробка й узагальнення результатів.

Відбір проб здійснюють шляхом аспірації певного обсягу атмосферного повітря через поглинальний прилад, заповнений рідким або твердим сорбентом для вловлювання речовини, або через аерозольний фільтр, який затримує частки, що містяться в повітрі. Домішка, яка визначається в повітрі концентрується в невеликому обсязі сорбенту або на фільтрі. Параметри відбору проб, такі як витрата повітря і тривалість його аспірації через поглинальний прилад, тип поглинального приладу або фільтра встановлюються залежно від речовини, що визначається.

При визначенні приземної концентрації домішки в атмосфері відбір проб роблять на висоті 1,5-3,5м від поверхні землі.

Використовують наступні *режими відбору проб*:

- 1) разовий, триває 20-30 хв;
- 2) дискретний, при якому в один поглинальний прилад або на фільтр через рівні проміжки години протягом доби відбирають від 3 до 8 разових проб;
- 3) добовий, при якому відбір проб в один поглинальний прилад або на фільтр виконують безупинно протягом доби.

Для відбору проб використовують електроаспіратори.

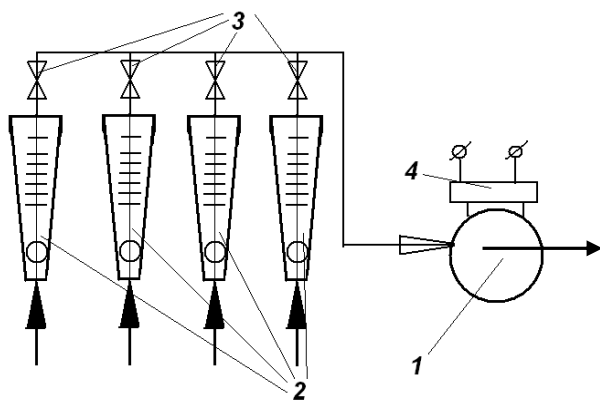


Рис.1. – Принципова схема електроаспіратора:
 1-ротаційний насос;
 2-ротаметри;
 3-регулюючі вентиля;
 4-реле часу.

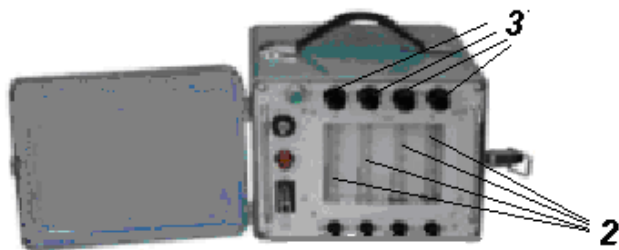


Рис. 2. – Загальний вигляд електроаспіратора

Електроаспіратор складається із збудника витрати - ротаційного насоса 1, чотирьох ротаметрів 2, регулюючих вентилів 3 і реле часу 4. Реле забезпечує автоматичне відключення ротаметра через заданий проміжок часу. Працює прилад від мережі змінного струму або від автономного джерела живлення - акумуляторної батареї.

1.1. Визначення вмісту твердих і рідких аерозолів

Для контролю вмісту твердих і рідких аерозолів використовують гравіметричний (ваговий) і оптичний методи.

1.1.1. Гравіметричний метод

Гравіметричний (ваговий) метод полягає у виділенні часток пилу з пилогазового потоку шляхом прокачування його через фільтр. Маса пилу, що перебуває в досліджуваному газі, визначається як різниця ваги фільтра до і після відбору проби.

Концентрацію пилу в газі (повітрі) визначають за формулою

$$C = \frac{m}{Q\tau}, \text{ мг/м}^3,$$

де m - маса проби пилу, мг;

Q - об'ємна витрата повітря через пробовідбірний пристрій, м³/с;

τ – термін відбору проби, с.

Метод дозволяє одержати масову концентрацію пилу без обліку її хімічного і дисперсного складу. Відрізняється великою трудоемністю і тривалістю процесу виміру.

1.1. 2. Оптичний метод

Оптичний метод заснований на визначенні непрозорості (димності) повітря (димових газів).

Робота приладів здійснюється за наступною схемою:

- просвічування газів з наступним перетворенням оптичного сигналу в електричний;
- обробка електричного сигналу, корекція сигналу за заданим алгоритмом показника ослаблення світлового променя;
- перетворення сигналу в показник непрозорості;
- індикація значень непрозорості.

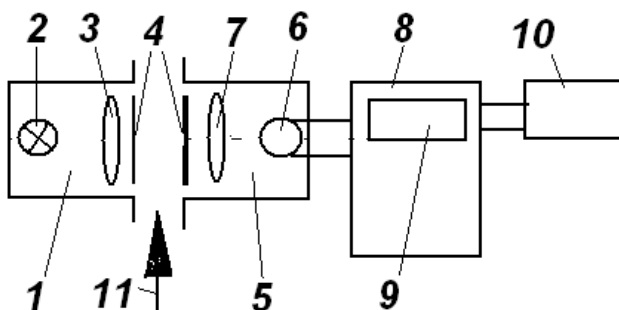


Рис. 3. – Принципова схема вимірювача непрозорості

1 - джерело світла;

2 - електрична лампочка;

3 - об'єктив;

4 - захисне скло;

5 - світлоприймач;

6 - фотодіод;

7 - лінза;

8 - блок перетворення інформації;

9 - цифровий вольтметр;

10 - блок живлення.

11 - потік запиленого газу

Світло від лампочки 2 формується об'єктивом 3 у паралельний пучок, проходить через потік запилених газів 11, попадає на лінзу 7, яка збирає пучок, що пройшов, на фотодіоді 6. Для захисту оптики встановлені захисні скла 4. Сигнали з непрозорості підсилюються і перетворюються в блоці 8 і видаються на цифровий вольтметр 9.

1.2. Визначення вмісту газо- і пароподібних домішок

Контроль концентрацій газо- і пароподібних домішок виконують лабораторними методами й за допомогою газоаналізаторів.

Протягом багатьох років визначення кількості газоподібних забруднюючих речовин в атмосфері або потоках газу проводили за допомогою хімічного аналізу розчинів. Але, внаслідок швидкого зростання останнім часом робіт з контролю забруднення повітря такі методи не можуть більше задовольняти вимогам газового аналізу. Часто виникає необхідність безперервного аналізу проб газу у віддалених місцях, що неможливо зробити за допомогою звичайних лабораторних методик. Потреба в приладах для аналізу вихлопних газів автомобілів також призвела до зміни апаратури, що випускається.

У даний час випускають велику кількість приладів-газоаналізаторів для відбору і аналізу проб повітря і газів. Газоаналізатори дозволяють здійснювати швидкий і безперервний контроль вмісту шкідливих домішок у промислових викидах і в повітрі.

Не розглядаючи різноманіття приладів, можна навести деякі системи для ілюстрації основних принципів їхньої роботи.

1.2. 1. Колориметричні методи

Газоаналізатори, засновані на колориметричному методі, можна назвати приладами першого покоління. Вони працюють за наступним принципом: розчинення газу у водному середовищі (або поглинання твердим середовищем), реакція в цьому середовищі з утворенням фарбування й вимір інтенсивності

цього фарбування фотоелектричним методом. Такі прилади застосовують для виміру концентрацій SO_2 , NO , NO_2 і суми оксидів в атмосфері, змісту NO_x і CO у промислових викидах і у вихлопних газах автотранспорту. Ці прилади вимагають ретельного нагляду, і виміри з їхньою допомогою піддаються перешкодам супутніх забруднюючих речовин в атмосфері.

Однією з модифікацій колориметричного методу є використання аналізаторів з паперовою стрічкою. В основі виміру SO_2 , NO_x або CO лежить хімічна реакція, що протікає на смужці паперу, просоченої відповідними реактивами. У результаті цієї реакції утворюється пофарбована пляма, інтенсивність якої вимірюється фотоелектричним методом. Подача паперової стрічки за допомогою мотора, що обертає паперовий рулон, дозволяє проводити безперервні виміри.

Для експресного визначення домішок у газі використовують універсальні газоаналізатори спрощеного виду (УГ-2; ГХ-2), робота яких заснована на використанні лінійно-колористичного методу аналізу.

При просмоктуванні газу через індикаторні трубки заповнені речовиною-поглиначем, відбувається зміна кольорів індикаторного порошку. Довжина пофарбованого шару пропорційна концентрації досліджуваної речовини. Газовий аналізатор УГ-2 дозволяє визначати концентрацію 16 різних газів і парів з погрешністю, що не перевищує $\pm 10\%$ від верхньої межі кожної шкали.

1.2. 2. Оптичні методи

Оптичні газоаналізатори - принцип дії засновано на особливостях поглинання-випромінювання окремих компонентів газової суміші. Це - інфрачервоні, хемілюмінесцентні, флуоресцентні та інші газоаналізатори.

1.2. 2.1. Інфрачервоні газоаналізатори

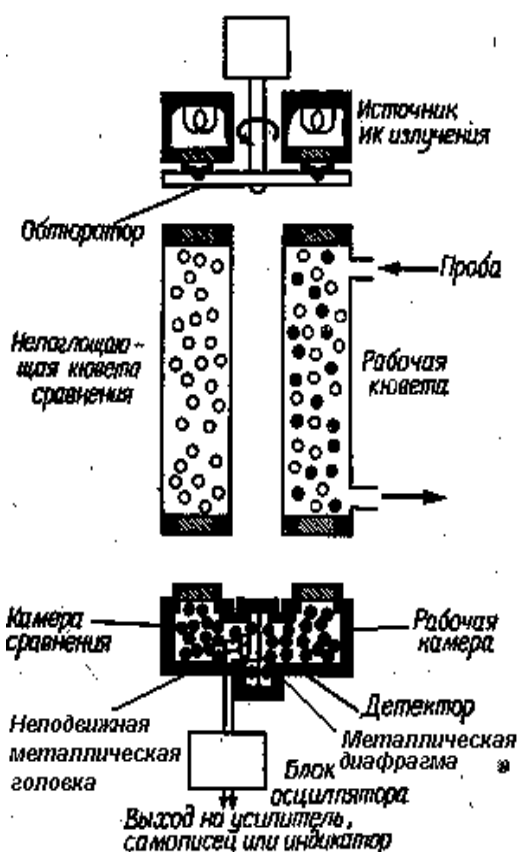


Рис. 4. – Недисперсійний інфрачервоний газоаналізатор. газу.

Інфрачервоні газоаналізатори працюють за принципом селективного поглинання інфрачервоного випромінювання. Газ поглинає енергію певних довжин хвиль в інфрачервоній області спектра, інші хвилі проходять і при цьому не поглинаються. Наприклад, область поглинання окису вуглецю лежить між 4,5-5,0 мкм.

Інфрачервоний детектор складається із двох камер однакового обсягу, розділених гнучкою металевою діафрагмою; в одній з них перебуває нерухома металева головка. Головка і діафрагма утворюють конденсатор з мінливою ємністю. Обидві нижні камери містять однакові кількості газу.

Інфрачервоне випромінювання від двох однакових джерел попадає у дві окремі ідентичні кювети. Одна кювета, яку називають кюветою порівняння, заповнена інертним газом, звичайно азотом, інша, яку називають робочою, являє собою циліндр, через який проходить аналізований газ. При наявності в робочій кюветі газу, що цікавить нас, він поглинає інфрачервоне випромінювання в кількості, прямопропорційної концентрації його молекул. У кюветі порівняння поглинання інфрачервоного випромінювання не відбувається.

Після проходження інфрачервоного променя через камеру порівняння і робочу камеру детектора випромінювання поглинається газом у цих камерах.

Поглинання енергії випромінювання призводить до нагрівання газу у камері порівняння детектора до більш високої температури, чим газу в робочій камері.

Оскільки обидві камери детектора герметизовані, у камері порівняння підвищується тиск у порівнянні з робочою камерою, що призводить до прогину діафрагми. Виникаюча в результаті цього зміна ємності конденсатора прямо пропорційна концентрації вимірюваної речовини в робочій кюветі.

Між джерелом інфрачервоного випромінювання й кюветами розміщено обтюратор, що створює змінний сигнал з метою поліпшення характеристик електронної схеми.

Для виключення інфрачервоного випромінювання тих довжин хвиль, які не поглинаються обумовленим газом, застосовуються фільтри. Таким чином, якщо у потоці одночасно присутні два або більше газів, що поглинають інфрачервоне випромінювання, то для їхнього виміру варто використовувати два різні вимірювальні осередки.

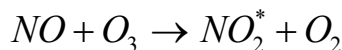
Є прилади, що працюють на принципі не дисперсійного поглинання інфрачервоного випромінювання для виміру SO_2 , NO_x , CO та HC у викидах стаціонарних джерел, в атмосфері і у вихлопних газах автотранспорту.

1.2. 2.2. Хемілюмінесцентні методи

Хемілюмінесцентні методи – засновані на реєстрації люмінесцентного випромінювання, що виникає при хімічній реакції аналізованої речовини з іншим компонентом.

Наприклад, у хемілюмінесцентних газоаналізаторах для визначення оксидів азоту використовується реакція взаємодії оксиду азоту NO з озоном O_3 . При реакції NO з озоном утворюються молекули NO_2 у збудженому стані, які повертаються в стійкий стан, випромінюючи при цьому енергію. За допомогою фотопомножувача випромінювана енергія вимірюється, вихідний сигнал посилюється і подається на пристрій, що реєструє.

При цьому протікають наступні реакції:

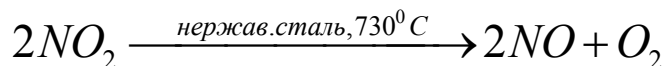


де ν - частота випромінювання;

h -постійна Планка.

Випромінювання $h\nu$ фіксується фотопомножувачем. Інтенсивність випромінювання в інфрачервоному діапазоні (мах 1200 нм) пропорційна числу молекул NO.

При одночасній присутності в аналізованій пробі NO і NO₂ газ пропускають через каталітичний конвертер (нагріта трубка з нержавіючої сталі) і лише потім подають у реакційну камеру. При цьому відбувається реакція:



При наявності у пробі NO й NO₂ застосовують двохетапний процес їхнього визначення:

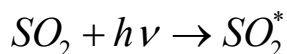
етап 1: визначення суми NO й NO₂ (проба проходить через конвертер і потім реагує з озоном);

етап 2: визначають кількість NO (проба газу, минаючи конвертер реагує з озоном).

По різниці сигналів на 1-му та 2-му етапах визначають зміст NO₂ у пробі. $\Sigma(NO+NO_2) - NO$. Таким чином, прилад має три канали вимірювання концентрації: $\Sigma(NO+NO_2)$, NO; NO₂.

1.2.2.3. Флуоресцентні методи

Флуоресцентні методи – засновані на реєстрації флуоресцентного випромінювання молекул аналізованого газу, що виникає під впливом збудливого ультрафіолетового випромінювання. Наприклад, збудження молекул SO₂ відбувається в області спектра 220-240нм:



Збуджена молекула переходить в основний стан з випромінюванням кванта світла $h\nu_2$:



Енергія, яка випромінюється $h\nu_2$ вимірюється за допомогою фотопомножувача, вихідний сигнал посилюється і подається на пристрій, що реєструє. Флуоресцентне випромінювання лежить у діапазоні довжин хвиль 260-400 нм. Інтенсивність випромінювання пропорційна концентрації SO_2 .

1.2.3. Полум'яно-іонізаційні газоаналізатори

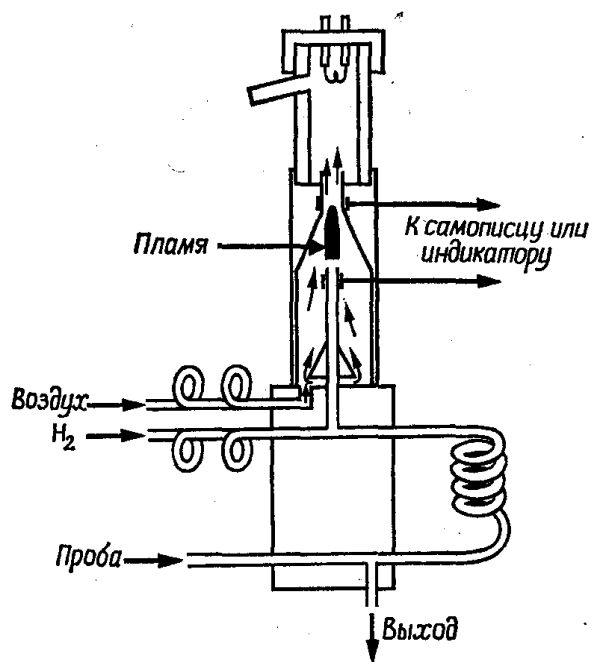


Рис. 5. – Схема полум'яно - іонізаційного детектора.

Полум'яно-іонізаційні газо-аналізатори (детектори, ПІД) – концентрація аналізованого компонента визначається по іонізаційному струму, що утворюється у водневому полум'ї внаслідок іонізації молекул органічних сполук.

У полум'яно-іонізаційному детекторі газоподібна проба вводиться в полум'я, одержуване при горінні водню або в повітрі, або в кисні.

Водень подається по металевій капілярній трубці, а повітря обтікає її зовні.

Полум'я перебуває між електродами, між якими прикладена напруга в кілька сотень вольтів.

При горінні одного водню утворюється лише дуже невелика кількість іонів. Коли в потік водню вводиться газоподібна проба, що містить вуглеводні, у полум'ї утворюються іони, які направляються до позитивного колекторного електроду. Виникаючий у результаті цього постійний струм пропорційний

кількості іонів, що утворилися. Число іонів у свою чергу пропорційно числу атомів вуглецю в полум'ї.

ПІД чутливий лише до сумарної кількості присутніх вуглеводнів і не дозволяє розрізняти речовини. Коли необхідно визначити кількість окремих вуглеводнів, для їхнього поділу можна застосувати газову хроматографію.

1.2. 4. Хроматографічний метод

Хроматографічний метод засновано на поділі газових сумішей на окремі компоненти при русі вздовж поверхні сорбенту, наступної ідентифікації компонентів і визначення їхнього змісту в суміші.

Хроматографи відносяться до аналізаторів, які можуть проводити одночасно якісний і кількісний аналіз газоподібних і рідких середовищ. Кількісно визначення змісту домішок проводять, наприклад, з використанням полум'яно-іонізаційного детектора. Термін «хроматографія» застосовується як загальна назва для ряду методів, які використовуються головним чином з метою поділу летучих речовин для подальшого аналізу. Цей метод може бути використаний для визначення змісту будь-яких газів з концентрацією до $10^{-5} \div 10^{-6} \%$. *Хроматографи - прилади періодичної дії із тривалістю аналізу 10-20 хвилин і більше.*

За допомогою невеликого скляного шприца, проба вводиться з одного кінця довгої вузької хроматографічної колонки. Ця колонка або трубка (довжиною від 0,9 до 3 м і діаметром від 0,25 до 50 мм) містить нелетучу речовину, що має назву нерухома фаза, що вибірково затримує обумовлені речовини-домішки. Нерухомою фазою може бути або адсорбент (тверда речовина), або абсорбент (рідина).

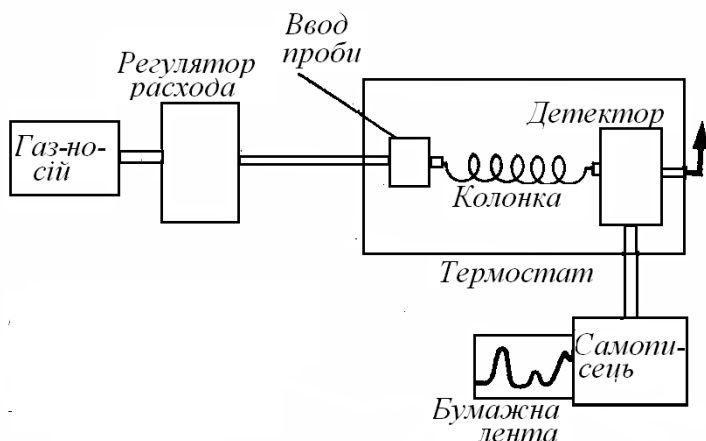


Рис. 6. – Схема хроматографа.

У заповнених колонках рідина нанесена на твердий інертний носій, в той час як у капілярних колонках вона покриває внутрішню поверхню стінок трубки.

Інертний газ (газ-носієв), що не затримується нерухомою фазою, проходить із постійною швидкістю через колонку. Функція газу-носія полягає в пересуванні аналізованої пробі по колонці.

Газ-носієв, що виходить з колонки, виносить компоненти пробі, що з'являються на виході в різний час залежно від терміну затримання їх у колонці. Для індикації присутності цих компонентів у газі-носії застосовується відповідний детектор (наприклад ПИД). Вихідний сигнал детектора подається на стрічковий самопис.

Графічне подання результатів, що має назву *хроматограма*, являє собою звичайно пряму базову лінію, на яку накладається ряд піків. Їхнє місце розташування або час появи вказує на природу компонентів у пробі газу, а висота або площа піків є мірою кількості цих компонентів у пробі.

При газовому аналізі необхідно підтримувати постійну витрату газу-носія. Колонка повинна бути відкалібрована для того, щоб знати час виходу кожної речовини.

1.2.5. Мас-спектрометрія

Мас-спектрометри – вимірювальні прилади, що розділяють іони за часом прольоту за допомогою електричних і магнітних полів. По отриманому мас-спектрові визначають масу і відносний вміст компонентів у досліджуваній речовині. Мас-спектрометри можуть проводити одночасно якісний і кількісний аналіз. Мас-спектрометри є більш складними приладами, ніж хроматографи і для безперервної роботи вони непридатні.

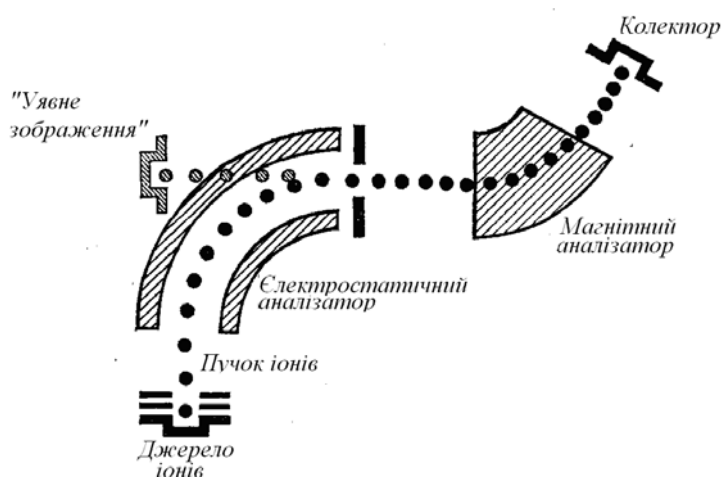


Рис. 7. – Схема роботи мас-спектрометра

Обумовлена речовина спочатку іонізується, розганяється в електричному полі й потім направляється поперек магнітного поля, що перетворює траєкторію польоту іонів у криволінійну, як показано на рис 7. Більш важкий із двох іонів буде мати траєкторію більшого радіуса кривизни і, отже, досягне мішені або детектора в іншій крапці в порівнянні з більш легким іоном. Оскільки швидкість руху часток, напруженість магнітного поля і траєкторія їхнього польоту можуть бути легко визначені, можна точно розрахувати масу різних іонів (атомів і молекул).

1.2.6. Електрохімічні методи

Електрохімічні методи використовують залежність вихідного сигналу від електрохімічних явищ, що протікають в електродних системах при наявності аналізованого компоненту. Електрохімічні методи широко застосовуються в аналітичній хімії і залежно від вимірюваного параметра поєднують

потенціометрію, вольтамперометрію, кулонометрію, кондуктометрію, електрогравіметрію.

Електрохімічні газоаналізатори з електрохімічними осередками засновані на вимірі струму, що виникає при електрохімічній реакції забруднюючої речовини, що визначається, на вимірювальному електроді. Домішка (SO_2 , NO_x , CO та ін.) дифундує в осередок через напівпроникну мембрану. Швидкість дифузії пропорційна концентрації речовини, що визначається. При наявності окисного електроліту в осередку в результаті електрохімічної реакції на вимірювальному електроді виділяються електрони, внаслідок чого знижується потенціал на цьому електроді в порівнянні з іншим електродом. У результаті виниклої різниці потенціалів між електродами виникає електричний струм, який підсилюють за допомогою електронних пристроїв. Сила струму є прямо пропорційною концентрації домішки в аналізованій пробі газів.

Для визначення різних домішок використовують різні осередки. Селективність осередку визначається матеріалом напівпроникної мембрани, електролітом, матеріалом електроду і величиною потенціалу на електродах

1.2. 7. Термокондуктометричні газоаналізатори

Термокондуктометричні газоаналізатори – використовують відмінність теплопровідності аналізованого компоненту від теплопровідності інших компонентів. Необхідно, щоб теплопровідності всіх інших компонентів були практично рівні, тобто щоб по теплопровідності суміш була близькою до бінарної. Для цього необхідна спеціальна пробопідготовка: видалення неаналізованих компонентів (поглинання, спалювання), що може істотно впливати на результати виміру.

1.2.8. Термохімічні газоаналізатори

Термохімічні газоаналізатори – використовують теплові ефекти хімічних реакцій, застосовуються для аналізу горючих компонентів газової суміші.

1.3. Методи і прилади для визначення дисперсності пилу

Спостереження в мікроскопі показують, що частки більшості промислових пилів мають неправильну форму (осколки, багатогранники і т.п.). В окремих випадках (конденсація пара - возгони) частки пилу мають шароподібну або кристалічну форму. Однак, не зважаючи на різноманіття форм порошинок їхній середній розмір називають діаметром.

При визначенні дисперсного складу варто враховувати явище коагуляції – злипання первинних часток з утворенням більших агрегатів. Коагуляція відбувається в газовому потоці при зіткненні часток. Коагуляція зростає при:

- а) зменшенні первинних розмірів порошинок;
- б) збільшенні концентрації пилу в газі;
- с) збільшенні турбулентності газу.

Частки, більші за 20 мкм, практично між собою не коагулюють. При знаходженні в апараті порошини вже в значній мірі скоагульовані. Ще більше скоагульовані частки в осадженому пилі .

Визначаючи дисперсність пилу, варто розрізняти дисперсність:

- а) первинного пилу;
- б) скоагульованих часток (у газовому потоці);
- с) осадженого пилу.

При розрахунках процесу очищення практичний інтерес представляють перші два випадки.

Методи визначення дисперсного складу пилу, які найбільш часто застосовують на практиці, це:

- а) ситовий аналіз;
- б) мікроскопія;
- с) повітряна сепарація;
- д) седиментація.

1.3.1. Ситовий аналіз

Ситовий аналіз засновано на просіюванні проби пилу через сита з отворами різних розмірів. Просіваючи проби пилу через ряд сит зі зменшуючимся розміром отворів і зважуючи залишки пилу на кожному ситі, отримують данні про розподіл даної проби пилу по фракціях. Найдрібніша фракція збирається на суцільному дні знизу сит.

Ситовий аналіз застосовується тільки до пилів, основна маса часток яких крупніша за 45 мкм, тому що розмір отворів самого дрібного сита становить 44 мкм.

При проведенні ситового аналізу варто враховувати, що дрібні частки пилу розміром 10-20 мкм можуть у процесі просіювання злипатися у великі агломерати, що призводить до значних помилок.

1.3.2. Метод мікроскопії

Метод мікроскопії припускає використання оптичного або електронного мікроскопа. Оптичний мікроскоп може застосовуватися для визначення форми й розміру порошин крупніше 1-2 мкм.

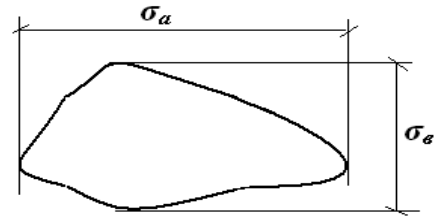
Метод приготування препарату - осадження порошин з газу на предметне скло - відіграє основну роль у точності результатів. У процесі осадження відбувається зіткнення порошин і у газовому середовищі, і на самому склі, що призводить до завищення результатів по великих фракціях.

Для визначення розмірів порошин мікроскоп обладнаний окулярним й об'єктивним мікрометром.

Для визначення дисперсного складу полідисперсного пилу підраховують у полі зору мікроскопа число часток, що мають розміри певної фракції. При роботі з пилками, частки яких не дуже відрізняються по розмірах, можна виконувати виміри 300-500 часток; при значній полідисперсності - не менш 1000 часток.

Середні діаметри часток для кожної фракції визначають за формулою

$$\sigma_{cp} = \sqrt[3]{\frac{\sigma_a^3 + \sigma_e^3}{2}},$$



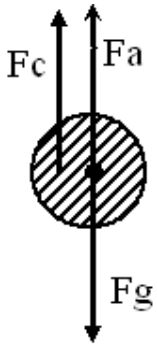
де: σ_a, σ_e – граничні розміри часток фракції.

Для полегшення процедури підрахунку і виміру порошин за допомогою мікроскопа застосовують проекційні апарати або фотографії.

1.3.3. Метод повітряної сепарації

Метод повітряної сепарації засновано на залежності швидкості витання часток від їхніх розмірів. Швидкість витання – швидкість вільного падіння часток у нерухомому повітрі (або швидкість спрямованого нагору вертикального потоку газу, при якій дана частка буде втримуватися в займаному нею положенні).

На частку, що рухається в грузлому середовищі, діють три сили: F_c -сила опору рухові, F_g – сила гравітації і F_a – Архімедова сила.



$$F_c = C_x * F * \frac{W^2 \rho_z}{2} = \frac{24\mu_z}{Wd_q \rho_z} * \frac{\pi d_q^2}{4} * \frac{W^2 \rho_z}{2} = 3\pi d_q \mu_z W, \quad 1)$$

де C_x -аеродинамічний коефіцієнт.

$$\text{Для ламінарного режиму (Re=wd\rho_r/\mu\leq 2)} \quad C_x = \frac{24\mu_z}{Wd_q \rho_z}$$

$$F_g = mg = \rho_q V_q g = \rho_q \frac{\pi d_q^3}{6} g \quad 2)$$

$$F_a = m_z g = \rho_z \frac{\pi d_q^3}{6} g \quad 3)$$

Частка перебуває в рівновазі за умови

$$F_g - F_a - F_c = 0$$

Поєднуючи 1), 2), і 3) отримуємо

$$3\pi d_q \mu_z W = (\rho_q - \rho_z) \frac{\pi d_q^3}{6} g$$

Звідси одержуємо швидкість витання:

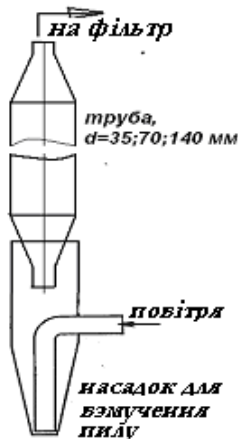
$$W = \frac{g}{18\mu_z} (\rho_q - \rho_z) d_q^2$$

Апаратне оформлення методу засноване на тому, що частки різного розміру, маючи різну швидкість витання, пересуваються ламінарним повітряним потоком з вертикальної труби при різних швидкостях потоку.

Прилад для визначення розмірів часток по швидкості їхнього витання складається із трьох-чотирьох вертикально встановлених труб висотою близько 1 м і насадка для взмучування досліджуваного пилу. На нижній патрубок труби кріплять насадок, на верхній - паперовий фільтр.

Через насадок, трубу й фільтр продувають чисте повітря. Варіюючи швидкість повітря, що продувається, і діаметр труби, домагаються того, що зі скаламученого в насадці пилу через трубу в паперовий фільтр виносяться тільки ті частки, для яких швидкості витання менші або рівні швидкості повітря в трубі.

Рис. 8. – Схема прибору для повітряної сепарації пилу



Максимальну кількість подаваного повітря визначають із умов забезпечення ламінарного потоку:

$$Re = 2300 = \overline{W}_{\max} D / \mu$$

Визначають масову частку відвіяної фракції у відсотках. Потім відвіюють наступну фракцію і таким чином одержують масову частку всіх фракцій пилу. На відсіювання однієї фракції йде до декількох годин.

1.3.4. Метод седиментації

В основу методу седиментації покладено процес осадження твердих часток у рідкому середовищі, що має закономірності, аналогічні осадженню часток у

газовому середовищі $W = \frac{g}{18\mu_c}(\rho_c - \rho_{жс})d_c^2$.

Звідси виразимо діаметр частки:

$$d_c = \sqrt{\frac{18\mu}{(\rho_c - \rho_{жс})g} * W}$$

Значення величин μ , ρ_c , $\rho_{жс}$ відомі з умов експерименту. Визначаючи швидкість падіння частки як $W = h/\tau$, де: h й τ - відповідно висота і час падіння, можна знайти розмір частки:

$$d_c = \sqrt{\frac{18\mu h}{(\rho_c - \rho_{жс})g\tau}}$$

1.3.5. Прилади для визначення дисперсності часток з урахуванням агрегації в пилогазових потоках

У техніці пиловловлення і очищення газів практичний інтерес представляють прилади, що дозволяють визначити дисперсність часток з урахуванням агрегації в пилогазових потоках.

До класу приладів, за допомогою яких можна розділити частки на фракції без попереднього виділення з пилогазового потоку, відносяться *ротаційні аналізатори пилу і каскадні імпактори*.

1.3.5.1. Ротаційний аналізатор дисперсності пилу

Ротаційний аналізатор дисперсності пилу РАД-1 працює за принципом відцентрової сепарації часток пилу в процесі руху пилогазового потоку по обертовому роторі і визначенні маси осаду на різній відстані від початку проточного каналу ротора. За допомогою РАД-1 можна визначати дисперсний

склад пилу в інтервалі 1,5—100 мкм при температурі газу до 160 °С і запиленості газів до 50 г/м³.

Ротаційний аналізатор відноситься до класу центрифуг проточного типу. Пилогазовий потік просмоктується по каналу обертового ротора. Під дією відцентрових сил частки пилу виділяються з потоку і осідають на стінці каналу. Швидкість руху часток до стінки каналу пропорційна квадрату їх діаметра. Отже, розподіл маси осаду по довжині ротора обумовлено дисперсним складом пилу. Виходячи з розподілу маси осаду по довжині каналу, розраховують дисперсний склад пилу, для цього потрібно знати *граничну довжину l осадження* часток різного розміру. Значення l визначається за графіком, на якому, по вісі абсцис відкладаються *значення граничного седиментаційного діаметру часток δ_s* , а по вісі ординат — значення довжини каналу ротора l . Значення l залежить від частоти обертання ротору, швидкості руху запиленого газу по каналу ротора, щільності часток і в'язкості газу.

1.3.5.2. Каскадний імпактор

Принцип дії каскадного імпактора засновано на *інерційній сепарації часток по розмірах*, що здійснюється при просмоктуванні запилених газів через ряд послідовно встановлених сопел з розташованими під ними осаджувальними підкладками.

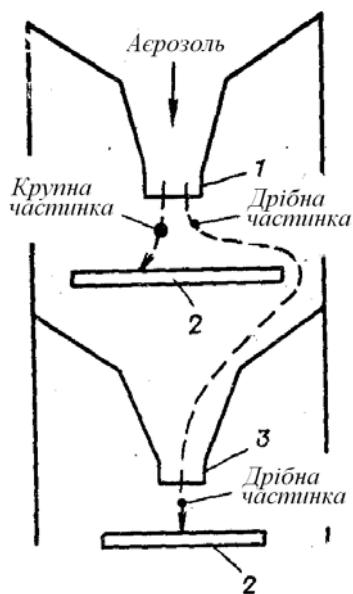


Рис. 9. – Схема каскадного імпактора

1 - велике сопло;

2 - підложка;

3 - мале сопло.

При проході потоку через широке сопло з малою швидкістю на підложці осаджуються великі частки. При проході його через вузьке сопло з великою швидкістю на наступній підложці осаджуються більше дрібні частки. Тому діаметри сопел підбираються так, щоб розміри часток, які можуть осісти в даному каскаді, були менше розмірів часток, здатних осісти в попередньому.

Для того щоб частки, зіштовхнувшись із підложкою, не покидали її поверхні в результаті пружного відскоку і здування, на поверхню осадження наносять спеціальну липку змазку або формують цю поверхню з волокнистого матеріалу. На виході останнього ступеню встановлюється фільтрувальна касета, заповнена фільтрувальним матеріалом.

Каскадний імпактор конструкції НДІОгазу дозволяє визначати дисперсний склад пилу в інтервалі розмірів $1\div 12$ мкм (при щільності часток 1 г/с^3) із вказівкою відносного масового змісту фракцій за межами цього інтервалу, при запиленості пилогазового потоку до 7 г/м^3 і температурі до 250°C .

1.4. Визначення запиленості газів

1.4. 1. Схема установки для визначення запиленості газів методом зовнішньої фільтрації

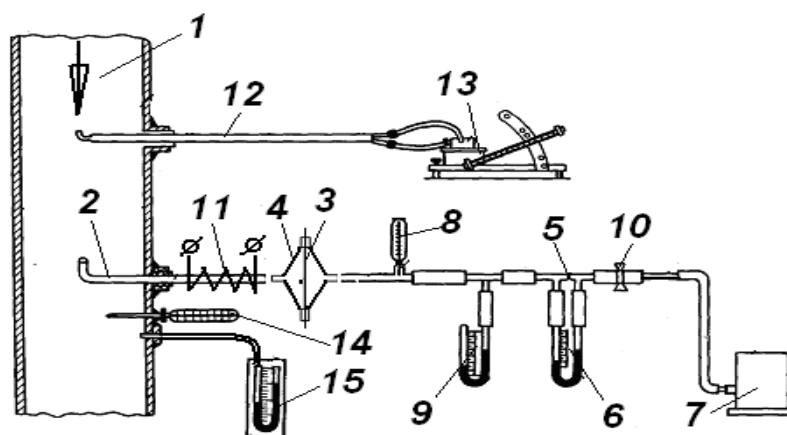


Рис. 10. – Схема установки для визначення запиленості газів

Запиленний газ із газоходу 1 відбирають газозабірною трубкою 2 і фільтрують через фільтр 3, закріплений у патроні 4. Очищений газ надходить в скляну діафрагму (реометр 5), з'єднану з диференціальним манометром 6 і далі

у вакуумнасос або електроаспіратор (повітродувку) 7. Безпосередньо перед реометром вимірюють температуру газу термометром 8 і розрідження U-образним манометром 9. Для регулювання витрати газу, що відбирається, на лінії встановлюється гвинтовий затискач 10.

При відборі проб вологого газу, щоб уникнути випадіння конденсату, забірна трубка й патрон обігрівуються електричною спіраллю 11.

Одночасно з відбором проби запиленого газу визначають:

1. швидкість газу в газоході за допомогою пневмометричної трубки 12 і мікроманометра 13;
2. температуру газу в газоході термометром 14;
3. розрідження (або тиск) газу в газоході U-образним манометром 15.

При наявності пару або стисненого повітря замість електроаспіратора можна використати ежектор.

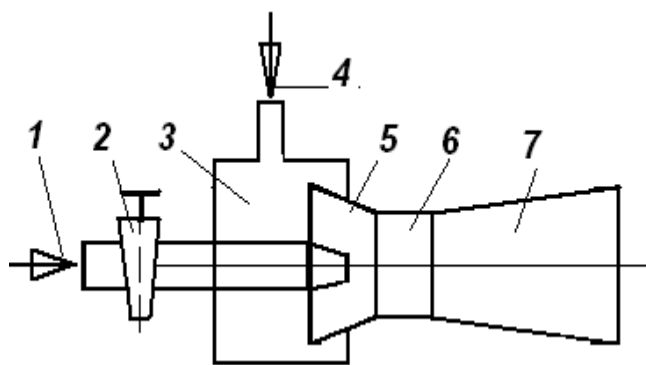


Рис. 11. – Схема ежектора:
1 - вхід стислого повітря (пара);
2 - вентиль регулювання стислого повітря;
3 - прийомна камера;
4 - вхід запиленого газу;
5 - конфузор;
6 - горловина;
7 - дифузор.

При проектуванні газоочисного устаткування передбачають облаштованість місць відбору проб для визначення запиленості газу.

Місце відбору повинно забезпечувати можливість відбору проби газу перед і після апарату газоочистки (при послідовно з'єднаних апаратах - перед і після кожного апарату).

1.4. 2. Вибір місця відбору проб

Правильний вибір перетину газоходу (точки відбору проб) для вимірів є необхідною умовою для одержання представницьких результатів.

1. Вимірювальний перетин вибирається в точці газоходу, що відстоїть не менш ніж на 5 діаметрів від місцевих опорів по ходу і проти ходу газового потоку.

2. При відсутності досить довгих прямолінійних ділянок місце відбору проб повинне перебувати ближче до кінця ділянки. Не рекомендується робити відбір проб безпосередньо після димососів, циклонів, якщо вони не мають пристроїв, що випрямляють потік, а також поблизу люків і лазів (де можливі підсмоктування атмосферного повітря).

3. Бажано вибирати вертикальні ділянки газоходів. На горизонтальних ділянках великої довжини концентрація пилу в нижній частині перетину газоходу вище, ніж у верхньої, а пил більш грубодисперсний.

4. Ділянки круглого перетину переважніше квадратних, а квадратні - прямокутних. Швидкість газу у вимірювальному перетині трубопроводу повинна бути не менш 4 м/с.

1.4. 3. Вибір точок виміру в перетині газоходу

Для одержання достовірних результатів рекомендується провести ряд паралельних вимірів у різних точках перетину газоходу. При співпаданні результатів надалі можна проводити виміри в одній точці газоходу, наприклад, у центрі.

Однак навіть при дотриманні всіх перелічених вимог до вимірювального перетину зберігається нерівномірність розподілу пилогазового потоку. Тому відбір проб варто робити в різних точках з поперечного перерізу, умовно розділяючи його на ряд *рівновеликих площ*. Потім необхідно розрахувати середнє значення запиленості по всьому газоходу.

Наприклад: *Знайти середнє значення запиленості в газоході. Газохід перетином F розбитий на n рівновеликих по площі перетинів: $F = F_1 + F_2 + \dots + F_n$. Значення швидкостей, об'ємних витрат газу і концентрацій пилу в кожному перетині рівні відповідно: W_1, W_2, \dots, W_n ; Q_1, Q_2, \dots, Q_n і Z_1, Z_2, \dots, Z_n .*

Маса пилу M , що проходить через газохід, дорівнює:

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = Z_1 Q_1 + Z_2 Q_2 + \dots + Z_n Q_n = \\ Z_1 F_1 W_1 + Z_2 F_2 W_2 + \dots + Z_n F_n W_n = F(W_1 Z_1 + W_2 Z_2 + \dots + W_n Z_n).$$

Об'ємна витрата газу Q у газоході дорівнює:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = W_1 F_1 + W_2 F_2 + \dots + W_n F_n = F(W_1 + W_2 + \dots + W_n) \dots$$

Середня концентрація пилу Z_{cp} дорівнює:

$$Z_{cp} = \frac{M}{Q} = \frac{F(W_1 Z_1 + W_2 Z_2 + \dots + W_n Z_n)}{F(W_1 + W_2 + \dots + W_n)} = \frac{(W_1 Z_1 + W_2 Z_2 + \dots + W_n Z_n)}{(W_1 + W_2 + \dots + W_n)}.$$

Середня концентрація пилу Z_{cp} за умови $W_1 = W_2 = \dots + W_n = W$ дорівнює:

$$Z_{cp} = \frac{(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n)}{n}.$$

Якщо газохід має прямокутний перетин, його розбивають на площі, подібні до перетину газоходу, площинами, паралельними його стінкам, і вимір роблять у центрі кожного отриманого прямокутника (рис. 12). Сторона такого прямокутника не повинна перевищувати $150 \div 200$ мм. Мінімальне число вимірювальних точок - три в кожному напрямку.

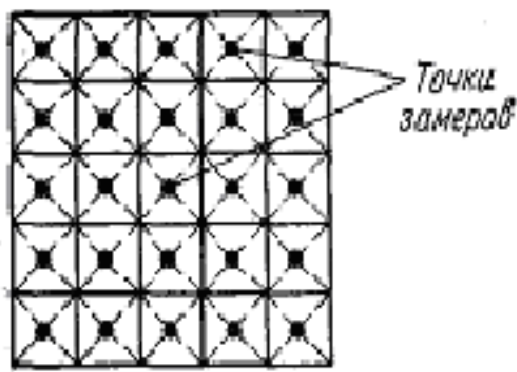


Рис. 12. – Схема розміщення точок виміру в газоході прямокутного перетину

Газоходи круглого перетину розбивають на ряд концентричних кілець із рівновеликими площами, і вимір роблять по двох взаємно перпендикулярних діаметрах (рис. 13).

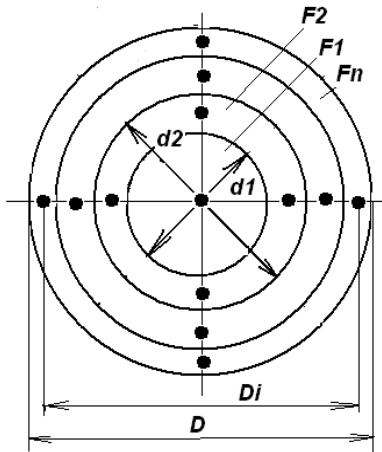


Рис. 13. – Схема розміщення точок виміру в газоході круглого перетину

Можна вважати, що досить надійні результати можуть бути отримані, якщо газоходи круглого перетину будуть розбиті на наступне число кілець:

Діаметр газоходу, мм	200	200-400	400-600	600-800	800-100	1000
Число кілець	3	4	5	6	8	10

Точка виміру визначається за формулою

$$D_i = D \sqrt{\frac{2i-1}{2n}},$$

де i - діаметр газоходу, мм;

D_i - діаметр газоходу, на якому лежать точки виміру, мм;

i - порядковий номер кільця (від центра);

n - число кілець.

Діаметри окружностей, на які розбивається газохід, визначаються з наступних залежностей:

а) визначення діаметра d_1 :

$$F_1 = F_2 = \dots = F_n; \text{ з іншої сторони: } F_1 = \frac{F}{n} = \frac{\pi d_1^2}{4}, \text{ звідси } d_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi n}}.$$

б) визначення діаметра d_2 :

$$F_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{F}{n}; \quad \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{F}{n} + \frac{\pi d_1^2}{4}; \text{ звідси } d_2 = \sqrt{\frac{4 \left(\frac{F}{n} + \frac{\pi d_1^2}{4} \right)}{\pi}}$$

1.5. Визначення швидкості й витрати газу в газоході

Швидкість газу в газоході визначають за допомогою пневмометричної трубки і мікроманометра за формулою

$$W = \sqrt{\frac{2 g P_{\partial}}{\gamma_t}},$$

де W - швидкість газу в газоході, м/с;

P_{∂} - динамічний напір газу в даній точці (різниця між повним і статичним напором), мм.водн.ст;

g - прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²;

γ_t - щільність газу при робочих умовах, кг/м³.

Динамічний напір газу визначають за формулою

$$P_{\partial} = n * K_{mn} * K_{tp} * K_{cn},$$

де n - відлік за шкалою мікроманометра, мм;

K_{mn} - коефіцієнт, що залежить від кута нахилу мікроманометра;

K_{tp} - коефіцієнт пневмометричної трубки (0,48÷1);

K_{cn} - коефіцієнт, який враховує виправлення на фактичну щільність спирту, $K_{cn} = \gamma_{ж} / \gamma_{сп}$ ($\gamma_{ж}, \gamma_{сп}$ - щільність рідини в манометрі і щільність спирту відповідно).

Щільність газу при робочих умовах γ_t визначають за формулою

$$\gamma_t = 0,359 \gamma_0 \frac{P + \Delta P}{273 + t},$$

де γ_0 - щільність газу при нормальних умовах (760 мм.рт.ст., 0°C);

ΔP - надлишковий тиск (розрідження) газу в газоході, мм.рт.ст.;

t - температура газу в газоході, °C;

P - атмосферний тиск, мм.рт.ст.

Щільність газу при нормальних умовах розраховують за формулою

$$\gamma_0 = \frac{1}{100} \left(\frac{aM_1}{22,4} + \frac{bM_2}{22,4} + \dots + \frac{kM_n}{22,4} \right),$$

де M_1, M_2, \dots, M_n - молекулярна маса компонентів газової суміші;

a, b, k - концентрація компонентів газової суміші, %;

22,4 – мольний обсяг при нормальних умовах, м³/кмоль.

Щільність газу при нормальних умовах при відомих щільностях компонентів визначають за формулою

$$\gamma_0 = \frac{a\gamma_{01} + b\gamma_{02} + \dots + k\gamma_{0n}}{100},$$

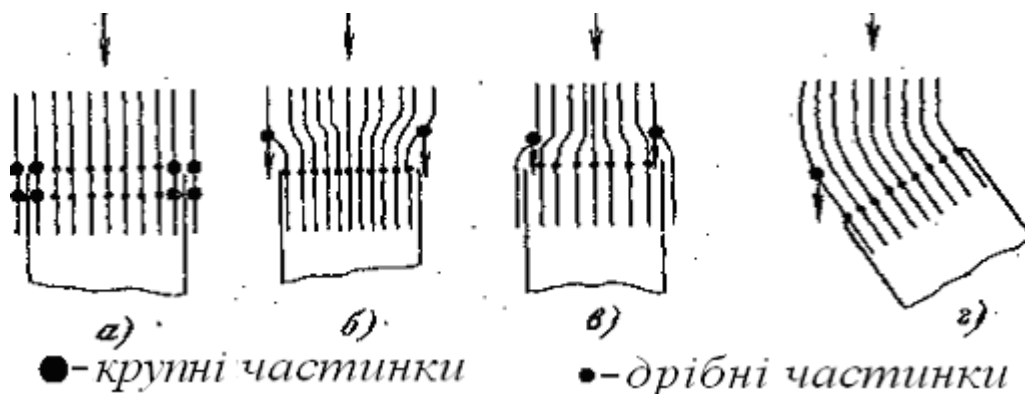
1.5. 1. Вимоги при відборі проби пилу з газоходу

Відбір газу для визначення запиленості роблять за допомогою *пробовідбірної трубки*, що вводиться в перетин газоходу. При відборі проби пилу з газоходу повинні дотримуватися наступні основні вимоги:

носик пилозаборної трубки повинен бути спрямований на зустріч газовому потоку строго відповідно до основного його напрямку; припустиме відхилення не більше 5°;

швидкість газу у вхідному отворі наконечника пилозаборної трубки повинна бути рівною швидкості пилогазового потоку у вимірюваній точці (принцип ізокінетичності); допускається перевищення першої над другою не більше 10 %;

Важливим фактором, що впливає на точність отриманих результатів, є *ізокінетичний відбір* (рівність швидкості газу у вхідному отворі пробовідбірної трубки і швидкості запиленого потоку в газоході).



$$W_{\text{тр}} = W_{\Gamma}$$

$$W_{\text{тр}} > W_{\Gamma}$$

$$W_{\text{тр}} < W_{\Gamma}$$

$$W_{\text{тр}} = W_{\Gamma}$$

Рис. 14. – Варіанти відбору проб при визначенні запиленості газу.

Якщо швидкість відбору перевищує швидкість газового потоку (б), більш крупні частки пилу із зовнішньої частини обсягу газу, що відбирається, прагнучи по інерції зберегти колишній напрямок руху, пройдуть повз вхідний отвір пробовідбірної пристрою. У результаті отримана величина запиленості виявиться заниженою, а відібраний пил буде більш дрібним.

При відборі зі зниженою швидкістю (в) відбудеться зворотне явище. Більшого розміру частки пилу із зовнішньої частини газового потоку по інерції пройдуть у вхідний отвір пробовідбірної прилади. (Зовнішня частина газового потоку - частина потоку, що відхиляється від прямолінійного руху і не входить у обсяг газу, що відбирається). Отримана при цьому величина запиленості виявиться завищеною, а відібраний пил буде більшим за розміром.

При відхиленні вхідного отвору від положення, перпендикулярного напрямку газового потоку (г), навіть при дотриманні рівності швидкостей будуть отримані занижені результати по запиленості, а відібраний пил буде більш дрібним.

Чим крупнішим є пил, що міститься в газовому потоці, і чим вище його концентрація, тим більше помилка, пов'язана з порушенням принципу ізокінетичності відбору проби газу. Так з нижчеподаної таблиці 1 видно, що для великих часток (100мкм) занижена на 50% швидкість у пробовідбірній трубці ($W_{\Gamma}/W_{\text{тр}}=1,5$) призводить до завищення результатів обмірюваної запиленості майже у два рази ($Z/Z_{\text{ф}}=1,99$).

Також порушення ізокінетичності для дрібних часток (1мкм) впливає на кінцевий результат - $Z/Z_{\phi}=1,013$.

Таблиця 1. - Вплив порушення принципу ізокінетичності на результат визначення запиленості.

$d_{\text{ч}}, \text{мкм}$	$W_{\text{г}}/W_{\text{тр}}$	Z/Z_{ϕ}
100	1,5	1,99
	0,5	0,67
10	1,5	1,54
	0,5	0,82
1	1,5	1,013
	0,5	0,996

Оцінити величину помилки, викликаной недотриманням ізокінетичності відбору можна за формулою

$$\frac{Z}{Z_{\phi}} = \frac{W_{\text{г}}}{W_{\text{тр}}} - \frac{\frac{W_{\text{г}}}{W_{\text{тр}}} - 1}{(4St + 1)},$$

де Z, Z_{ϕ} - вимірювана і фактична запиленість у газоході відповідно, мг/м^3 ;

$W_{\text{г}}$ - швидкість газу в газоході в місці відбору, м/с ;

$W_{\text{тр}}$ - швидкість газу в забірній трубці, м/с ;

St - критерій Стокса

$$Stk = \frac{d_{\text{ч}}^2 c (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}}) W_{\text{г}}}{18 \mu D_{\text{тр}}},$$

де $d_{\text{ч}}$ - діаметр частки, м ;

c - поправка Кенінгема, враховує підвищення рухливості часток, розмір яких можна зрівняти або менше середньої довжини вільного пробігу газових молекул λ ($\lambda=6,5 \times 10^{-8}$ м для повітря при температурі 20°C і нормальному тиску $101,3$ кПа);

$\rho_{\text{ч}}, \rho_{\text{г}}$ - щільність часток і газу, кг/м^3 ;

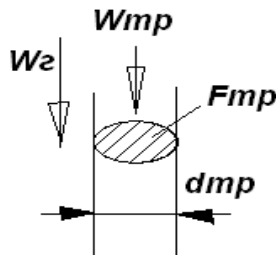
μ - в'язкість газу, н с/м^2 ;

$D_{\text{тр}}$ - діаметр забірної трубки, м .

При визначенні концентрації мілкодисперсних (возгонних) пилов особливо на виході з газоочистки немає необхідності строго дотримуватися умов ізокінетичності. Подібний пил можна вважати рівномірно розподіленим по перетину газоходу.

Для дотримання ізокінетичності необхідне виконання наступної умови:

$$W_z = W_{mp}.$$



Обсяг проби, що відбирається, можна записати в наступному виді:

$$Q = W_{mp} F_{mp} = W_z F_{mp} = W_z \frac{\pi d_{mp}^2}{4}$$

Діаметр носика трубки повинний бути рівним:

$$d_{mp} = \sqrt{\frac{Q}{\frac{\pi}{4} W_z}}$$

Значення Q задається з умови $W=10 \div 15$ м/с у каналі трубки.

Конструкція забірних трубок повинна відповідати умовам їхньої роботи. Трубка як правило забезпечується комплектом змінних наконечників з діаметром носика від 4 до 12 мм.

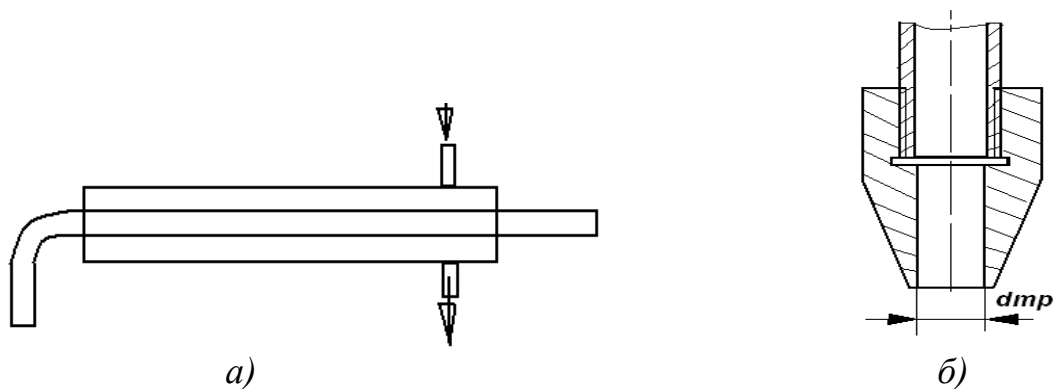


Рис. 15. – Пробовідбірна трубка (а) та змінний наконечник до неї (б).

При відборі проби гарячих газів з температурою більше 450°C трубка повинна охолоджуватися водою або стисненим повітрям. Трубки з легованих сталей можна застосовувати для відбору проб з температурою до 450°C без додаткового охолодження. Довжина трубок повинна бути мінімальною, їхня внутрішня поверхня - гладкою. Внутрішній діаметр трубки становить звичайно 6 мм, товщина стінки - 1 мм.

При відборі проб вологого газу для аналізу запиленості трубка зовні обігрівается електричною спіраллю щоб уникнути випадіння конденсату на стінках.

При зовнішній фільтрації осадження пилу з відібраного обсягу газу здійснюється по виводу останнього через забірну трубку з газоходу, тобто пилоуловлюючий пристрій розміщується поза газоходом.

Фільтр для осадження пилу встановлюється в спеціальному патроні, що складається із двох конусних кришок.

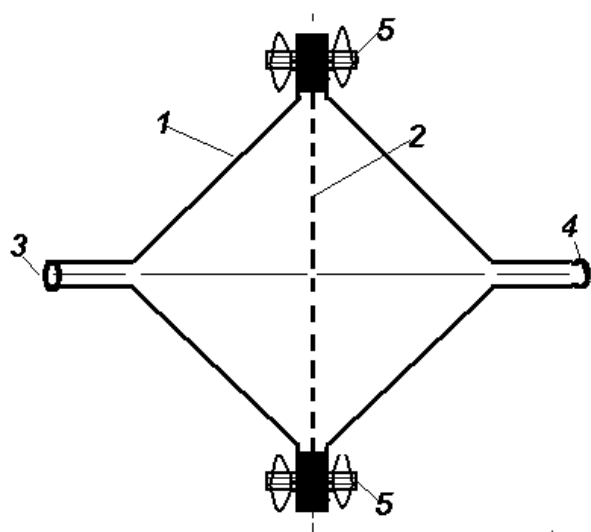


Рис. 16. – Патрон з встановленим аерозольним фільтром:

- 1 – корпус патрона (дві конічні половинки);*
- 2 – аерозольний фільтр;*
- 3 – вхід запиленого газу;*
- 4 – вихід відфільтрованого газу;*
- 5 – гвинти кріплення половинок патрону.*

При підготовці до вимірів установка повинна бути зібрана й перевірена на герметичність. Для цього створюють у зібраній схемі розрядження 200-250 мм.рт.ст. Розрядження фіксується на ділянці схеми від забірної трубки до вакуумнасоса (аспіратора). Герметичність вважається достатньою, якщо показання манометра знижуються не більше ніж на 10 мм. рт.ст. за 1 хвилину. У протилежному випадку необхідно усунути негерметичність у зібраній схемі.

Підсмоктування повітря при вимірі запиленості газу є найбільш частим джерелом більшості помилок.

Фільтри перед вимірами нумерують і зважують на аналітичних вагах з точністю до п'ятого знака після коми (0,00001 грам). Перед зважуванням фільтри необхідно витримати в приміщенні в розгорнутому виді протягом 2-3 годин.

Проведення вимірів починають із прогріву забірної трубки і патрона (якщо це необхідно - при високій вологості проби газу, що відбирається). Потім закріплюють у патроні фільтр, вводять пилосабірну трубку в газохід і носик її направляють назустріч потоку газу. Включають вакуумний насос (аспіратор) і встановлюють необхідну витрату газу. Момент початку відбору фіксують по секундоміру.

Тривалість відбору проби встановлюють залежно від запиленості газу, продуктивності вакуум-насосу і типу фільтра.

При великій запиленості опір фільтра швидко зростає, тому тривалість відбору газу зменшується.

При малій запиленості опір фільтра, як правило, буває невеликим. Тривалість відбору при цьому більше для одержання більшого приросту ваги пилу на фільтрі.

При проведенні вимірів у журнал заносять наступні дані:

1. час виміру;
2. показання реометра;
3. розрідження у вимірювальній діафрагмі;
4. температура у вимірювальній діафрагмі;
5. № фільтра.

По закінченні часу відбору фільтр із пилом складають для запобігання висипання пилу і кладуть у чистий паперовий конверт.

Забірну трубку періодично необхідно прочищати. Зібраний при цьому пил збирають, зважують і отриману масу розділяють на число вимірів запиленості,

при яких накопичився пил у трубці. Отриману поправку враховують (додають) до маси фільтра при розрахунку запиленості.

Через неможливість повного вилучення пилу із трубки точність виміру знижується. Цьому сприяє конденсація водяної пари в пробовідбірній трубці. Для запобігання конденсації застосовують обігрів трубки.

Перед зважуванням фільтри з пилом залишають у розгорнутому виді в приміщенні лабораторії на добу. Це необхідно для того, щоб вони придбали температуру й вологість, що відповідають приміщенню. Оскільки температура і вологість приміщення можуть змінюватись, використовують контрольні фільтри. Для цього частину чистих фільтрів після зважування не використовують для відбору проб, а залишають у лабораторії й повторно зважують при зважуванні фільтрів з пилом. Зміна ваги контрольних фільтрів (середні значення) вводять у вигляді поправки до ваги фільтрів з пилом.

Розрахунок запиленості газу при нормальних умовах проводять за формулою:

$$Z = \frac{(g + a \pm b)1000}{V_o \tau},$$

де Z - запиленість газу, г/м³;

g - приріст ваги фільтра, г;

a - виправлення на кількість пилу, що осів в трубці, г;

b - виправлення на зміну ваги контрольних фільтрів, г;

V_o - витрата відібраного газу, що приведена до нормальних умов, л/хв;

τ - тривалість відбору проби, хв.

Відібраний з газоходу обсяг газу ($V_{\text{газ}}$) приводиться до нормальних умов за рівнянням

$$V_o = V_{\text{газ}} \frac{273(B \pm P_{\text{газ}})}{760(273 + t_{\text{газ}})}, \text{ л/хв.}$$

де $V_{\text{газ}}$ – обсяг газу, відібраного під час виміру в умовах газоходу, л/хв;

B - барометричний тиск, мм.рт.ст.

$P_{\text{газ}}$ – тиск (розрідження) газу в газоході, мм.рт.ст.

Цей же обсяг газу після проходження забірної трубки і патрона зміниться і при умовах реометра і під час виміру буде дорівнювати

$$V_p = V_{\text{газ}} \frac{(273 + t_p)(B \pm P_{\text{газ}})}{(B - P_p)(273 + t_{\text{газ}})}, \text{ л/хв,}$$

де P_p , t_p - тиск і температура газу перед реометром, мм.рт.ст. і $^{\circ}\text{C}$

відповідно.

1.5.2. Метод внутрішньої фільтрації

Метод внутрішньої фільтрації відрізняється від методу зовнішньої фільтрації тим, що фільтр встановлюється всередині газоходу замість забірної трубки. *Метод внутрішньої фільтрації застосовується для відбору проб вологих газів у випадку можливої конденсації вологи або смол, що осаджуються на внутрішніх стінках трубки.*

Метод зовнішньої фільтрації забезпечує відбір великої маси пилу (100 ÷ 200г) при однократному заборі, швидку зміну фільтруючих елементів і відбір проби запиленого газу з високою температурою.

Патрон для фільтрувального матеріалу являє собою скляний алонж, що міститься у патроні-утримувачі і вводиться в газохід..

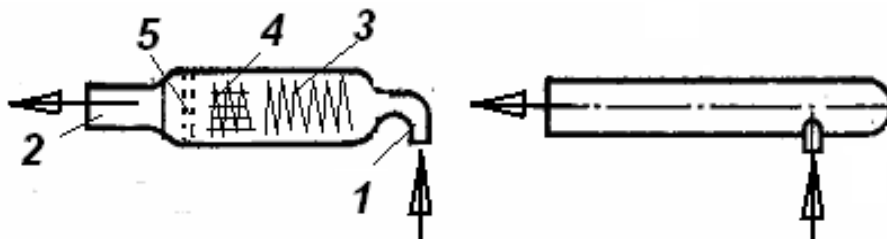


Рис. 17. – Скляний алонж (патрон) для внутрішньої фільтрації.

Запилений газ входить в патрон через носик 1 і через канал 2 виводиться знепилений газ. У патроні розміщується тампон зі скляної вати 3, а потім - тампон з азбестового волокна 4. Тампон зі скловолокна повинен бути пухким. Поміщати його треба так, щоб він не доходив до носика й не перешкоджав входу газу через носик.

Щоб уникнути виносу часточок азбесту в патрон після тампона з азбесту вставляють латунну сіточку 5.

В іншому схема установки для визначення запиленості, порядок відбору проб й обробки результатів вимірів аналогічний методу зовнішньої фільтрації.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию./ М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков и др... Под общ. Ред. .А. А. Русанова.-2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 312с.
2. Экология города: Учебник/Под ред. Ф. В. Стольберга. - К.:Либра, 2000. - с.212-215.
3. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочное издание.-М.:Металлургия, 1986. - 544с.
4. <http://www.analitpribor.com>
5. <http://diagnost.ru>
6. <http://www.kipinfo.ru/pribori/gazanaliz>

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Бекетов Володимир Єгорович,
Євтухова Галина Петрівна,
Коваленко Юрій Леонідович**

Конспект лекцій з розділу **«Методи і прибори контролю концентрацій
пилогазових домішок в атмосфері і в промислових викидах»** з дисципліни
«Методи і прибори контролю стану атмосферного повітря»
(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності
7.070801 (7.04010601) - «Екологія і охорона навколишнього середовища»)

Рецензент *Стольберг Ф. В.*

Редактор *М.З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *Ю.П. Степась*

План 2009, поз 36 Л

Підп. до друку 26.11.09
Друк на різнографі
Тираж 50 пр.

Формат 60x80 1/16
Ум. друк. арк. 1,7
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001